GIOVANNI BOCCARDI

LE COMETE

Estratto dalla « Rivista Bibliografica Italiana »
fascicoli del 10-25 Marzo 1899

PISTOIA
TIP. DI GIUSEPPE FLORI

1899

Roma, 1 febbraio 1899.

Cortese Amico,

Il gentil dono che mi hai fatto del VI volume delle Opere di Galileo [1], pubblicazione che onora l'Italia, m'invita a scriverti qualche cosa sulle Comete, poichè quel volume contiene appunto la lunga controversia, che quel grande astronomo ebbe col P. Grassi del Collegio Romano, intorno alla natura delle comete. Ti confesso che, nel percorrerlo, ho provato l'impressione di chi vede un genio alle prese coi cavilli di un pedante. Che scienza è mai quella che fa dire al Lotario Sarsio Singesiano (il Grassi ricorreva allo pseudonimo), che una delle comete comparse nel 1618, « dopo aver per» corso debaccando varie costellazioni, al giungere dinanzi agli splendi» di Dragoni celesti era sparita, come ridotta in fumo dal soffio loro! » E di asserzioni simili riboccano gli opuscoli del contradditore dell'illustre Pisano. A me sembra che le comete e le stelle cadenti sieno i fenomini celesti su cui si è più disputato; e sulla loro natura se ne son dette! Aristotile, colla sicurezza propria del maestro di color che sanno, sosteneva le stelle cadenti « esser dovute ad una materia comburente esalata dalla terra, la quale si accendeva appena compressa dal freddo che s'incontra nelle alte regioni dell'atmosfera ». Che visibilio! Le stelle cadenti sarebbero fuochi fatui! Aggiungi che questi astri bizzarri furono in ogni tempo tenuti quali presagi, anzi cause, di pubbliche calamità. Leggevo l'altro giorno di una cometa comparsa a tempo dell'imperator Giustiniano, all'influsso della quale si ascrisse una spaventevole invasione degli Unni in alcune provincie dell'impero! Eppure questi sono gli astri più innocui, se posso esprimermi così. La loro massa insignificante fa sì che non perturbino il moto degli altri, mentre sono piuttosto lo zimbello di questi. Ecco perchè mentre anche oggi il volgo si spaventa all'apparizione delle comete, gli uomini della scienza si burlano della semplicità di quello. Ricordo che trovandomi un giorno a lavorare con un astronomo tedesco, gli fu consegnata una lettera

[1] Edizione nazionale, sotto gli auspici di S. Maestà il re d'Italia — Firenze G. Barbèra.

nella quale un astronomo *dilettante* gli diceva risultare dalle sue previsioni, che fra due anni sarebbe seguita la fine del mondo, per l' azione di una grande cometa. E quel mio collega, colla freddezza di un tedesco, matematico per giunta, disse sorridendo: « Fra due anni! Avremo il tempo di prepararci! »

Tutti sanno che ordinariamente le comete appariscono formate di un *nucleo* e di una *coda*, quello molto più denso di questa, ma pure risultante di materia così rara, che le stelle anche piccole vi si veggono attraverso. Forse non tutti sanno che la coda comparisce solo all' avvicinarsi delle comete al Sole. Questo fenomeno è spiegato dal Faye nel modo seguente. Egli suppone nel Sole una forza ripulsiva, semplice conseguenza della forza decomponente esercitata dall' attrazione solare su i materiali del nucleo dilatati dal calore. Si sa che l' attrazione agisce istantaneamente ed anche a traverso materie interposte, ed è proporzionale alle masse. Invece quella forza ripulsiva sarebbe analoga alle forze fisiche dell'elettricità e del calore, alle forze meccaniche, che il vento e l' acqua esercitano su di noi per impulsione. La sua azione sarebbe impedita dalla interposizione di un ostacolo materiale, e sarebbe proporzionata alle *superficie*, non alle masse; per modo che non imprimerebbe la stessa accelerazione a tutte le particelle di materia, ma il suo effetto varierebbe secondo la loro densità. Questa forza dunque, esercitando azione differente sui materiali di diversa densità onde risulta la cometa, li distribuirebbe secondo l' ordine delle densità medesime, spingendo indietro i meno densi, dal che nascerebbe la coda principale, che è sempre diretta all' opposto del Sole. Dissi la coda principale, perchè d' ordinario le comete appaiono dotate di più code (come altravolta i Pascià); ma queste code secondarie, disposte lungo l'orbita della cometa sembrano provenire dalla causa seguente.

Ogni corpo celeste, preso isolatamente, esercita intorno a sè un' attrazione, che mantiene l'aggregazione dei suoi materiali propri, e attira verso di esso le molecole esteriori. Ma appena quel corpo si trova in vicinanza di un altro, questo esercita alla sua volta un' attrazione sui materiali del primo, e coll' attirarli verso di sè tende a disgregar quello. Nulla di più chiaro. Ora, applichiamo questo principio a spiegare le code secondarie delle comete; ma cominciamo dallo studiare i fenomeni. Allorchè una cometa è ancora lontana dal Sole, apparisce come una nebulosità sferica somigliante ad un' atmosfera. In capo ad alcuni giorni, ecco apparire nel suo centro un nucleo brillante, il quale, è ragionevole, deve avere una massa ed una densità enormemente superiori a quelle dell' involucro esterno; anzi per la densità questo è un fatto. Man mano che la cometa si avvicina al Sole, cominciano ad apparire in essa segni di deformazione, e finalmente, oltre alla grande coda, che va in direzione opposta a quella del Sole, appariscono ai due lati del nucleo come alette brillanti incurvate verso il Sole. Per poco la cometa si direbbe trasformata in un celeste uccello, che ha capo, ali e coda! Spieghiamo queste bizzarre apparenze. Finchè la cometa era molto lontana dal Sole, la sua sfera di attrazione era molto estesa, i suoi materiali rimanevano aggregati in forma di

nebulosità. Ma avanzandosi la cometa verso il Sole, questo esercita sui materiali che la compongono una forza perturbatrice, la quale non è la stessa sulla massa intera, che può supporsi riunita al centro del nucleo, e sulle parti più o meno lontane da questo. Quest' azione perturbatrice si dimostra essere inversamente proporzionale al cubo della distanza della cometa del Sole, e in ragion diretta del raggio della nebulosità cometaria. Essa dunque aumenterà rapidamente a misura che quell' astro si avvicinerà al Sole. Ne seguirà che alcune particelle della cometa, avanti e dietro il nucleo, cesseranno di appartenergli, discostandosene a poco a poco sotto forma di ali luminose. Siccome poi questi materiali partecipavano al movimento di traslazione della cometa, continueranno il loro cammino presso a poco nella stessa orbita con velocità differenti. Pertanto tenderanno a disseminarsi lungo l'orbita; fenomeno cui si attribuisce la dissoluzione progressiva di alcune comete e la loro trasformazione in uno sciame sempre più allungato di corpuscoli, detti sciami meteorici. Ma di ciò ci occuperemo più innanzi. Eccoti esposta a mio modo la ipotesi del Faye, alla quale ultimamente il Deslandres ha trovata qualche conferma nello studio dei raggi catodici. Io non mi fermerò a discorrertene. Se ti piace la teoria del Faye, accettala pure. Non mancano però di quelli che pensano le code delle comete essere pure e semplici manifestazioni luminose, prodotte dallo stato elettrico delle medesime, qualche cosa di simile alle nostre aurore polari.

Come vedi, siamo quì nel campo delle ipotesi, *mare magnum*, oceano senza sponda. Tu già conosci che la tempra del mio spirito non è fatta per accontentarsi di simili congetture. Anche Newton scriveva *hypotheses non fingo;* ma se si vuole che questo ramo delle scibile umano progredisca, bisogna pure andare innanzi a forza d'ipotesi. L'ipotesi è una necessità quando si ha una cognizione imperfetta di un fenomeno. Così fecero i Fresnel, gli Ampère e il nostro Galileo nei loro immortali lavori. Però chi si mette in questa via deve aspettarsi brutte sorprese, poichè una ipotesi deve cedere il luogo ad un' altra, e questa ad un' altra ancora. Le scienze fisiche ce ne forniscono di molti esempi. Io mi domando spesso, qual sentimento proverebbero, non dico Lavoisier o Galvani, ma perfino Arago e Secchi, rapito ieri appena alla scienza, se, levando il capo dalla loro tomba gloriosa, vedessero modificate e talora interamente demolite quelle idee, quelle teorie che avevano tanto vagheggiate? Pensare che buona parte di quello che si ammetteva cinquant' anni fa intorno al Sole, alle stelle, alle comete, non regge più alla critica..... è cosa che fa venire lo sconforto! Oh Meccanica Celeste, ritta ed immobile in mezzo alle rovine delle scienze fisiche, siccome la colonna di Foca in mezzo alle rovine del Foro Romano, o come la statua della verità! Ma torniamo alle nostre comete.

Io raggrupperò qui varie conclusioni che l' Astronomia matematica ci permette di formulare intorno alle orbite cometarie. Se si tratti di un primo calcolo di orbita approssimata, le comete presentano delle semplificazioni riguardo a quello si richiede pei pianeti. Il fatto che quasi tutte le comete che compariscono hanno un' orbita parabolica, e che la loro massa è assolu

tamente trascurabile, riguardo a quella del Sole, ha permesso a Barker e a d'Oppolzer di costruire una Tavola estesa, che serve per tutte le comete ad orbita parabolica, e dà a vista la loro *anomalia vera* senza risolvere ogni volta una equazione di 3° grado. La stessa forma parabolica ci permette di determinare facilmente il tempo che una cometa impiega nel passare da una posizione ad un'altra, mediante una espressione elegante, che contiene solo le distanze della cometa dal Sole in quei due punti e la lunghezza della corda che li unisce. È questo il celebre teorema di Eulero, attribuito a torto a Lambert, e che serve di fondamento al metodo semplice di Obelrs per determinare le orbite paraboliche delle comete. Quanto alle poche comete che percorrono orbite iperboliche, s'intende che si muovono nel ramo che volge al Sole la concavità. L'altro ramo volgente la convessità sarebbe percorso se la forza emanata dal Sole fosse ripulsiva. Senonchè le comete, come già ti accennai, sono ben lungi dal percorrere tranquillamente la loro orbita; cammin facendo, incontrano dei perturbatori che le fanno deviare, e di molto, dall'orbita primitiva. Mi spiego. Le comete in causa della forma allungatissima delle loro orbite possono passare molto vicino ai pianeti, i quali allora spiegano una forza di attrazione considerevole, che contrasta con quella del Sole, e le fa deviare non poco dal loro cammino. Il calcolo ordinario delle perturbazioni speciali presenta allora grandi difficoltà; ma fortunatamente àvvi un altro metodo rapidissimo, indicato dal d'Alembert e sviluppato da Laplace. Con essi si considera una certa superficie molto vicina ad una sfera, chiamata *sfera di attività* del pianeta cui la cometa si avvicina, e che è determinata dalla condizione che in tutti i suoi punti con il rapporto fra l'attrazione del Sole e la forza perturbatrice del pianeta è eguale al rapporto fra l'attrazione del pianeta e la forza perturbatrice del Sole. All'esterno di detta sfera è più vantaggioso il partire del movimento della cometa intorno al Sole e determinare le perturbazioni prodotte dal pianeta. Nell'interno di quella sfera è preferibile considerare il movimento della cometa intorno al pianeta, e calcolare in seguito le perturbazioni provenienti dal Sole. In certo modo questa sfera separa il dominio del pianeta da quello del Sole. Soggiungo qui dei raggi delle sfere di attività pei diversi pianeti, prendendo per unità la media distanza della terra dal Sole.

Mercurio	0,001	Giove	0,322
Venere	0,004	Saturno	0,363
La Terra	0,006	Urano	0,339
Marte	0,004	Nettuno	0,576

Nell'interno di detta sfera di attività il movimento relativo della cometa è il più sovente iperbolico.

Già ti dissi che sotto l'influsso delle perturbazioni di un grosso pianeta, Giove per esempio, l'orbita di una cometa può subire variazioni considerevoli, per modo che gli elementi che costituiscono detta orbita perturbata sieno molto diversi da quelli dell'orbita primitiva. Ora supponiamo si abbiano due sistemi di cosiffatti elementi diversi fra loro, che pure sembrano

riferirsi alla stessa cometa, come fare a riconoscere se è infatti così, provenendo la diversità dalle perturbazioni subite? Per decidere una tale quistione, bisognerebbe partire dagli elementi più antichi e, calcolate le perturbazioni, vedere se si giunge al secondo sistema di elementi. In caso affermativo, si tratta di una sola cometa, altrimenti sono due comete diverse. Come vedi, il lavoro sarebbe immenso, e bene spesso si giungerebbe ad un risultato negativo. Come fare dunque per risparmiarsi calcoli inutili? Bisognerebbe avere un *criterio* che permettesse di decidere *a priori*, se i due sistemi di elementi *possono* convenire ad una stessa cometa. Fortunatamente uu sì prezioso criterio è stato recentemente trovato dall'illustre Tisserand (di cui la scienza piange ancora la perdita). Questo astronomo si servì dell'integrale di Iacobi per ottener questo criterio, il quale consiste in una certa relazione esistente fra gli elementi, che una cometa perturbata da un pianeta ha nell'entrare e nell'uscire dalla sfera di attività del medesimo. (*Bulletin Astronomique*, VI, p. 289). In questo studio interessante il Tisserand suppone quasi circolare l'orbita del pianeta perturbante. In seguito il Callandreau (*Annales de l'Observatoire de Paris*, XX) ha mostrato come si possa tener conto fino ad un certo punto dell'eccentricità dell'orbita del pianeta.

A proposito di quest'azione perturbante dei grossi pianeti ti dirò, essere provato che alcune comete ora periodiche e visibili ad ogni rivoluzione, sieno state *catturate* da Giove (è il termine scientifico che adoperiamo). L'azione di quel pianeta preponderante ha diminuita la loro distanza perielia, cambiata l'orbita loro da parabolica in ellittica, e le ha rese visibili. Beninteso che l'azione perturbatrice di Giove può esercitarsi nell'avvenire in condizioni tali, che le distanze perielie crescano, sicchè le comete divengano invisibili. Ma ritorneremo più innanzi su questo argomento. Notiamo qui di passaggio, che uno studio esatto delle perturbazioni esercitate in più volte consecutive da Giove sopra una cometa, ci offre un mezzo eccellente per determinar la massa di Giove stesso con singolare precisione. Per dar termine a questi brevi appunti sulla teoria del movimento delle comete, ti dico pure, che in Meccanica Celeste si studia l'influenza, che un mezzo resistente eserciterebbe sul movimento delle comete e in generale di ogni astro circolante intorno al Sole. Si dimostra che produrrebbe un'*accelerazione secolare del movimento medio* dell'astro; senza che possa dirsi *a priori* che l'eccentricità dell'orbita debba diminuire, come si afferma comunemente nei trattati elementari.

Il più saliente fra i fenomeni, che son venuto esponendoti, è il potere che hanno i grossi pianeti di far mutare orbita alle comete; eppure nel mondo sociale questo fenomeno è frequentissimo, ed è una delle forme dell'*opportunismo*. Quanti individui, passando vicino alla sfera di azione di un pezzo grosso, mutano orientazione, cambiano l'orbita loro, cioè le loro idee e convinzioni, adattandosi a prender quelle che il pezzo grosso loro impone! A questa trasformazione di orbita noi assistiamo molto più spesso che a quella delle comete.

La Bibliografia astronomica si è in questi ultimi mesi arricchita di un

bel lavoro sulle comete, pubblicato nel *Bulletin Astronomique* dal Ch. Schulhof, di cui mi glorio essere stato discepolo. Il lavoro è molto esteso e poco si presta all' analisi. Forse anche l' abbondanza dei particolari rende difficile il distinguere le idee principali; ma, dopo un non breve studio fattovi sopra, io procurerò di esporle qui aggiungendovi, s' intende, le mie povere riflessioni. Comincia lo Schulhof dal ritessere brevemente l' istoria di alcune tra le più famose comete periodiche; famose, non per un'apparenza magnifica, un lungo strascico di coda, che sono le cose sole le quali colpiscono il pubblico, ma sì per le singolarità che presentarono nel loro movimento, nonchè pei lavori immensi di cui furono oggetto. Questa sorta di lavori comincia colla cometa di Halley, e specialmente con quella di Lexell nel 1770, la seconda scoperta in quell' anno. Fino allora tenevasi per indubitato che tutte le comete non percorressero un' orbita chiusa intorno al Sole, in altri termini, ellittica; in guisa che facessero soltanto capolino nel nostro sistema, tornando poi nelle profondità dello spazio, dopo aver reso omaggio al re del nostro sistema, il Sole. Però tutti i tentativi degli astronomi di quel tempo per far coincidere le osservazioni della cometa di Lexell con un' orbita parabolica riuscirono infruttuosi. Prosperin e Pingré pensarono ad una orbita ellittica, ma non fecero nessun calcolo a questo riguardo. Lexell ebbe il merito di dimostrare la cometa aver percorso un' orbita ellittica, e la durata della sua rivoluzione essere di circa anni 5 $^2/_3$. In quell' epoca non si avevano i bei metodi, dovuti al genio di Gauss, innanzi a tutti, e di Oppolzer, per calcolare orbite simili. Inoltre quella cometa aveva subìte perturbazioni fortissime nell' avvicinarsi alla Terra; ma allora s' ignorava il modo di tenerne conto. Lexell giunse ai suoi risultati per vie lunghissime e mostrò che la cometa era sfuggita fino allora agli osservatori, perchè trovavasi a percorrere quell'orbita solo dal 1767 in poi, quando in vicinanza di Giove ne aveva subìta l' azione preponderante, mentre prima percorreva una tutt' altra orbita, che la rendeva invisibile. Continua lo Schulhof a discorrere della scoperta di altre importanti cometa periodiche, quella di Enke e di Obelrs scoperte nel 1805, illustrate dai lavori di Gauss e Bessel. « A partir » de cette époque, egli scrive, l' Astronomie calculatrice a pris conscience » de sa puissance. Confiante dans ses méthodes et dans la bonté des obser- » vations, elle prend l' habitude de tirer rapidement de ces dermières les » meilleurs rèsultats, et arrive ainsi souvent à désigner á temps au zèle des » observateurs les objets qui méritent une attention particulière ».

La cometa di Enke cominciò a presentare il fenomeno singolare, ma non unico, di una accelerazione nel suo movimento intorno al Sole, e di una diminuzione della eccentricità. Enke attribuì un tal fenomeno all' azione di un mezzo resistente, che circonderebbe il Sole fino a non molta distanza dal medesimo. Così si spiegherebbe che questa cometa, molto vicina al Sole, presenti questa singolarità. Però i calcoli rigorosi del Baklund hanno messo in chiaro, che questa accelerazione, se è rimasta costante dal 1819 al 1859, a partire da quest' epoca è andata diminuendo fino al 1869; e finalmente dal 1871 al 1891 è rimasta sensibilmente costante. Questo anche più singo-

lare fenomeno va indotto il Baklund ad escludere la ipotesi di un mezzo resistente, ed a sostituirle quella di uno sciame di corpuscoli, cui la cometa incontrerebbe in un dato punto della sua orbita. In tale ipotesi bisognerebbe ammettere che le parti dello sciame incontrate dalla cometa fra il 1819 e il 1858 aveano presso a poco la stessa densità, e che lo stesso accada dopo il 1871. Eccoci di nuovo nel campo delle ipotesi; ci creda chi vuole. Tralascio altre particolarità che esamina lo Schulhof, ma non posso passar sotto silenzio quell' altra singolarità che talora presentano le comete, cioè il dividersi in due o più nuclei, i quali continuano a muoversi più o meno vicini fra loro. Il fenomeno è molto antico, poichè uno storico greco, Etoro, ci lasciò memoria di un fatto simile avvenuto nel 371 a C. Quanto alla cometa di Biela, la quale nel passaggio accanto a Giove nel 1841 (non già nel 1846 come fu detto e ripetuto tante volte), si divise in due nuclei, si è trovato recentemente che bisogna ammettere un' accelerazione nel movimento dei due frammenti, per ben rappresentare le osservazioni fattene. Ecco un'altra cometa che si affretta nel suo cammino. Sventuratamente dal 1852 in poi non la si è più riveduta, ed è noto a tutti che le piogge abbondantissime di stelle cadenti avvenute nel 1872 e nel 1885, la notte del 27 novembre, sono state con fondamento attribuite al disgregamento di detta cometa. Non è però deciso se quelle piogge fossero dovute ad uno dei due nuclei, o piuttosto ad altri frammenti incogniti della cometa stessa. Il calcolo ha preveduto che nel 1901 Giove produrrà una grande perturbazione su quei due nuclei, producendo una maggiore dispersione di frammenti. Avviso ai dilettanti di stelle cadenti!

E poichè sono a parlarti del fenomeno del disgregamento delle comete, mi fermerò anch' io coll' A. a dire alcuna cosa della grande cometa comparsa nel 1882, la IIª di quell' anno. Tu certamente ricorderai quell' apparizione singolare che durò per mesi. La coda di quella cometa, a calcoli fatti, non si estendeva per meno di 240 milioui di chilometri. L' A. ravvicina questa cometa a quell'altra, anche più singolare e gigantesca, del 1843, di cui ci raccontavano i nostri vecchi, e che comparve all' improvviso, di giorno, vicino al Sole. Queste due e qualche altra, dice lo Schulhof, formano un sistema a parte, rassomigliandosi in ciò, che passarono a piccolissima distanza dal Sole. Quella del 1843 dovette attraversare la fotosfera solare! Probabilmente esse han formato in passato un sol corpo celeste, il quale in uno dei suoi passaggi al perielio si è dovuto dividere in più parti, per l' azione del calore solare. La cometa del 1882 si divise proprio sotto gli occhi degli astronomi in 5 nuclei distinti, non senza manifestazioni singolari. Per più settimane si notarono nelle vicinanze della cometa diverse masse nebulose estremamente tenui ed estesissime, le quali avevano dovuto staccarsi dalla cometa con velocità considerevole. Non si potè decidere se dette nebulosità si fossero staccate dalla chioma o dalle coda, certo è che esse svanivano rapidamente. Però da osservazioni fatte in questi ultimi tempi su varie comete si è indotti a considerarle quali frammenti della coda. È dunque probabile, scrive l' A., che la massa di quei diversi frammenti fosse minima, sì da poter formare

in seguito tutt' al più uno degli innumerevoli piccoli sciami di meteore che solcano lo spazio. Invece i diversi nuclei possono riguardarsi come tante piccole comete distinte, che ripasseranno al perielio, senza aver subito perturbazioni sensibili, nessun pianeta intersegando la loro traiettoria. Per quanto sarebbe interessante per noi il riveder gli avanzi di quella maestosa cometa, dobbiamo però rinunziarvi, chè le durate delle rivoluzioni di quattro di quei nuclei sono di: 671, 772, 875 e 955 anni. Del quinto non si è potuto determinare il periodo. Quello ch' è più singolare è l' infima variazione di velocità che è stata sufficiente a produrre la divisione o disgregamento. Al perielio quella cometa muovevasi con velocità di 478052 metri al secondo. — Non ti spaventare. — Ora questa velocità ha dovuto subire per quei nuclei variazioni comprese fra 46 centimetri e metri 1,58! Questo solo è bastato a disgregar la cometa.

Le comete di de Vico (1844) di Faye, di Winneke, di Brorsen di Tempel (1873 II) di Barnard (1884 II) sfilano innanzi alla mente e sotto la penna dell' illustre Calcolatore di astri siffatti, ma io, per finirla con le comete bizzarre ti dirò due parole di quella del de Vico. Scoperta nel 1844, essa non fu più riveduta per 50 anni. Anzi, avendo Leverrier dimostrata l' identità della medesima colla cometa comparsa nel 1678, e non più riveduta, si conchiude che nelle 30 rivoluzioni da essa compiute in questo lungo intervallo ha trovato modo di occultarsi. Fortunatamente nel 1894 il gioco non l'è più riuscito e l' occhio vigile degli astronomi, veri questurini celesti, l' ha rinvenuta e identificata nel 1894. Oramai vi abbiamo messa sopra la mano, e speriamo che, grazie ai nostri buoni teloscopi, non ci sfuggirà più, per quanto si sforzi d' indebolire il suo splendore, con che probabilmente l' è riuscito tante volte di celarsi.

Ma è tempo ormai di toccare la quistione dell' origine delle comete, quistione che in ogni tempo, ma specialmente in questi ultimi anni ha preoccupato gli astronomi. Questi astri singolari, i quali per la più parte non fanno che comparire per qualche tempo per non più tornare, appartengono o almeno appartenevano al sistema solare? Laplace, non conoscendo ai suoi tempi che poche comete periodiche, immaginò l' ipotesi di una origine delle comete estranea al sistema solare, nel quale apparirebbero allorchè, trovandosi in vicinanza di un grosso pianeta, sono da questo *catturate* e costrette a percorrere un'orbita di grandissima eccentricità. La grande diversità delle orbite di comete, interseganti l' ecclittica sotto tutti gli angoli fra 0^0 e 90^0, i loro movimenti indifferentemente diretti o retrogradi, erano per Laplace l' indizio di una distribuzione dovuta interamente al caso, distribuzione che si concilia benissimo con l' ipotesi che detti astri ci giungano da tutti i punti dello spazio stellare. Secondo alcune ipotesi plausibili sulle distanze perielie, che avrebbero le comete così catturate, l' Autore della *Mécanique Céleste* dimostrò che pochissime comete dovrebbero avere un' orbita iperbolica il che è conforme alla realtà. Sebbene l' analisi di Laplace non sia abbastanza rigorosa, come ha dimostrato fra gli altri quella gloria vivente dell' Italia ch' è lo Schiaparelli, i suoi risultati sarebbero tuttavia esatti se il sole non

avesse un movimento di traslazione. Ma questa circostanza cambia interamente le condizioni del problema. Schiaparelli ha il gran merito di aver mostrato pel primo, che in causa del movimento suddetto del Sole, le orbite di quasi tutte le comete dovrebbero essere iperboliche, se venissero effettivamente con velocità qualunque da tutti i punti dello spazio. Ei giunge dunque alla conclusione che le comete, senza appartenere direttamente al sistema solare, hanno dovuto, in origine, accompagnare il Sole nel suo moto di traslazione, animate da velocità presso a poco eguali alla sua. Le idee dello Schiaparelli hanno trovato immediatamente un'accoglienza favorevole, e sono oggidì quasi generalmente adottate. La sua ipotesi spiega perfettamente come un gran numero di comete si muovano in ellissi molto allungate, che quasi si confondono con parabole. Però evvi un certo numero di fatti cui detta ipotesi è impotente a spiegare, i quali ci devono fare ammettere che almeno alcune comete han preso origine nel sistema solare. Citiamo fra gli altri il fatto che alcune comete avevano una eccentricità minore prima del loro passaggio àl perielio, e che anzi le orbite di alcune comete, ellittiche in origine, sono poi divenute iperboliche per le perturbazioni planetarie, il che prova dette comete avere fin da principio fatto parte del sistema solare. Similmente l' ipotesi dello Schiaparelli non si accorda bene con l' esistenza di comete periodiche, la cui durata di rivoluzione non giunge che a qualche centinaio di anni. Inoltre la distribuzione dei punti di prossimità delle comete ai grossi pianeti non si concilia bene colla teoria della cattura delle comete, specialmente di quelle, che, secondo la bella scoperta dello Schiaparelli, sono state identificate cogli sciami di stelle cadenti che intersegano l' orbita della Terra. Quanto sarebbe più semplice, scrive l' A., il cercar la loro origine vicino all' orbita terrestre, e ritenere semplicemente casuale il fatto che esse si avvicinano più o meno all'orbita di Saturno e fino a quella di Urano! Senonchè a volerti spiegare per minuto tutte queste cose io dovrei nonchè una lunga lettera, inviarti un trattato; inoltre le formole sarebbero indispensabili, ed io non so, mio buon amico, quale impressione farebbe la loro apparizione nel tuo periodico, sull' animo dei gentili letterati che lo leggono e vi collaborano. Forse sarebbero come comete apparse nel loro cielo, infauste nunzie di sciagure e calamità. Ma, parlando il linguaggio comune, mi limito a dire che, essendo ogni corrente di meteore come una piccola cometa, per ispiegare la prodigiosa diversità delle orbite loro, nella ipotesi dello Schiaparelli, bisognerebbe dire che questi corpuscoli ci giungano dai punti più diversi dello spazio, e che vi sia un numero incalcolabile di detti sciami meteorici muoventisi in tutte le direzioni; e così si spiegherebbe il fatto che possano in sì gran numero intersegar l' orbita terrestre.

Le suddette difficoltà preoccupano da lungo tempo gli astronomi. Fra quelli che vogliono sostenere l' opinione dello Schiaparelli, anche per le stelle cadenti, il Sig. Bredikhine ricorre alla seguente ipotesi. Ei suppone che le comete, specialmente quelle che hanno una distanza perielia inferiore ad 1, intorno all' epoca della loro massima vicinanza al Sole, e sotto l' azione ri-

pulsiva di questo, proiettino delle materie in direzioni molto diverse da quella del raggio vettore. In tal modo una sola cometa potrebbe, mediante successive emissioni del suo nucleo, dare origine a molti sciami di corpuscoli. Ora, siccome queste emissioni avrebbero luogo quasi tutte nell'interno di una sfera di raggio eguale a quello dell' orbita terrestre, atteso pure il gran numero delle comete, si vede come una tale ipotesi spiegherebbe bene come un sì gran numero di correnti meteoriche interseghino l' orbita terrestre.

Altri astronomi però dichiarano recisamente che l' ipotesi dello Schiaparelli non può applicarsi alle stelle cadenti ed agli aeroliti. Il Faye scrive in proposito: « la loro forma frammentaria, la loro costante piccolezza, e la identità della loro costituzione chimica e mineralogica colle masse profonde della Terra, sono assolutamente incompatibili con una provenienza estranea al nostro sistema solare ». Io però mi permetto di far qualche riserva su questi argomenti del Faye. Quanto alla forma frammentaria ed alla piccolezza degli aeroliti, la ipotesi della emissione del Bredikhine ne rende ragione benissimo. Riguardo poi alla costituzione chimica, forsechè lo spettronopio non ci va rivelando la grande somiglianza di costituzione degli astri dell' universo intero? Si dirà che la costituzione degli aeroliti è assolutamente *identica* a quella delle rocce primitive della Terra; ma, oltre allo gettarci con ciò in quell' altro campo di controversie ch' è la Geologia, io non credo che questo sia sufficiente per farci affermare che gli aeroliti appartennero sempre al nostro sistema. Poniamo il caso che domani la spettroscopia, con metodi perfezionati, giunga a poter fare l' analisi chimica degli astri più lontani colla stessa facilità con cui la si fa nei nostri laboratorj, io domando: Un caso d' identità di costituzione fra un compagno di qualche stella doppia e le rocce terrestri basterà per farci estendere fino ad esso il dominio del nostro sistema solare? Ma mi avveggo che, senza volerlo sono entrato in questo terreno delle ipotesi che scotta.

Coloro che non ammettono le ipotesi dello Schiaparelli han voluto rimettere in onore l' opinione già emessa dal Lagrangia, che cioè le stelle cadenti provengono da esplosioni seguite nella formazione di ogni pianeta. Quando si accettano le idee cosmografiche di Laplace, colle modificazioni del Faye e del Ligondès, è naturale l'ammettere che la formazione di ogni pianeta ha dovuto essere accompagnata da esplosioni di un' estrema violenza, le quali, hanno proiettato materie in tutte le direzioni. Si può anche, scrive lo Schulhof, andar più innanzi e dire che simili esplosioni hanno dovuto aver luogo egualmente in ogni tempo nell' enorme globo gassoso, che ha formato il Sole, e particolarmente nelle epoche in cui i pianeti si distaccarono dal globo suddetto. Ora non si potrebbe ammettere che certe comete provengano da esplosioni seguite nei pianeti ed altre da materie proiettate dal Sole istesso? Con questa spiegazione, continua l' A., non fa più meraviglia che certe comete passino lontano dalle orbite dei pianeti, e si rende altresì ragione del fatto che le comete periodiche sono rare e sembrano dovute quasi esclusivamente alla cattura per parte di un pianeta. Piccole ve-

locità d' impulsione hanno dovuto produrre orbite ellittiche, e come le distanze perielie erano piccole, i corpi proiettati son dovuti ricadere sul Sole, dopo aver percorsa una parte dell' orbita loro. Soltanto le comete aventi lunga durata di rivoluzione sono tornate al perelio in un' epoca, in cui il globo del Sole non si estendeva più fino a quel punto. Aggiungo però che lo stesso Schulhof non si dissimula qualche obbiezione, che si potrebbe fare a quest' ultima ipotesi. In conclusione, mi sembra possa ben dirsi, che non siamo ancora in possesso di tutti gli elementi che ci potrebbero far dare una soluzione definitiva al problema dell' origine delle comete.

Da ultimo, con tutto il rispetto che devo a un tanto mio Maestro, ti dirò che non so sottoscrivere alla seguente proporzione dello Schulhof: « Per sostenere l' ipotesi dello Schiaparelli bisognerebbe *gratuitamente* supporre che le masse nebulose, le quali accompagnano il Sole nella sua corsa » *non sieno uniformemente distribuite* ».

Non è la prima volta che i matematici, per rimanere ligi a certi principî cui han creduto dovere ammettere nel *Calcolo di probabilità*, giungono a conseguenze che chiunque non ha simili preconcetti è lungi dall' ammettere. Pei matematici, quando non *si vede* una ragione per ammettere una distribuzione ineguale di enti o avvenimenti qualsiasi, *bisogna ritenere* che vi sia una distribuzione uniforme. Ora chi non vede che qui è *la nostra ignoranza che diviene legge?* Perchè non veggo o non so una cosa, devo tener per certo che non esista? Io invece, senza farmi schiavo di nessun principio di scuola, ragiono col mio grossolano buon senso e dico così: L' uniformità assoluta nelle cose naturali, se si può ammettere facilmente da chi non vede motivo in contrario, è assolutamente inammissibile da chi conosce il modo di agire di tutte le cause fisiche, essendo mille, anzi centomila le circostanze diverse che modificano la loro azione; sebbene la più parte di queste circostanze ci possa sfuggire. Riduci un foglio di carta in minutissimi pezzi tutti eguali fra loro, e distribuitili uniformemente sopra un piatto, lasciali cadere simultaneamente dalla finestra. Ti domando, qual probabilità vi sarà che quei ritagli di carta si trovino distribuiti uniformemente sul suolo? A chi ignorasse le tante cause che possono dirigerli in un senso più che in altro, parrebbe che l' uniformità dovrebbe aversi; ma basta farne l' esperienza per convincersi del contrario.

Di' pure lo stesso della distribuzione delle particelle dell' aria. A chi ignorasse le tante cause che tendono a produrre squilibrio, per dirne una, il non uniforme riscaldamento della superficie terrestre, parrebbe che l'equilibrio dovrebbe essere il fatto normale. Guai a noi se così fosse! Non più placide aure olezzanti, che venissero a temperare l' ardore del giorno; non più tempeste atmosferiche, le quali rimescolando gli strati dell' aria impediscano l' azione deleteria dei miasmi, dei microbi se vuoi. Di' lo stesso delle correnti marine e di cento altre cose. Ora, innanzi ad un fatto universale ed innegabile, ch' io chiamerei volentieri una legge di natura, non mi pare che abbiamo il dritto di affermare: Quando non vediamo una causa che ci obblighi ad ammettere una non uniforme distribuzione della materia cosmica,

delle masse nebulose, ecc., dobbiamo stare per l'uniformità. Anche nell'ignoranza delle cause immediate che producano la non uniforme distribuzione, esiste il principio logico cui si assorge dal fatto universale e accertato della *non uniformità*. E poggiato su questo principio, io mi credo autorizzato a dire che il caso di una distribuzione uniforme della materia nello spazio (intorno al Sole o dove che si voglia), non ha nemmeno la probabilità di un milionesimo, ove si pensi agl' infiniti modi in cui detta materia può essere distribuita.

E qui son lieto di vedere che il mio *buonsensaccio* (perdonami l' espressione) mi fa trovar d' accordo col più illustre rappresentante della scienza matematica, l' Autore delle *Méthodes nouvelles de la Mécanique Céleste* (1), il quale conchiuse nel modo seguente il suo corso sul Calcolo di Probabilità alla Sorbona : « Ou ne peut dépouiller complétement de ces hypothèses ar-
» bitraires les questions de probabilités ; aussi le mot de Calcul semble-t-il
» ambitieux, et il ne sert qu' à dissimuler l' ignorance absolue.... Quelle est
» la probabilité pour que des comètes, étrangères au système sdaire, aient
» une orbite hyperbolique ? Ou *supposera bien* que, à une certaine distance
» du Soleil les comètes *sont uniformèment réparties* daus l' espace ; mais *sur*
» *quoi fonder cette hypothèse? en vertu de quelle cause?* »

E poi il Ch. Professore giunge a questo *dernier mot:* « Le Calcul des
» probabilités offre une contradiction dans les termes mêmes qui servent a
» le désigner, et, si je ne craignais de rappeler in un mot trop souvent ré-
» pété, je dirais qu' il nous euseigne surtout une chose : c' *est de savoir que*
» *nous ne savous rien* ».

Senza spingere fino a tal punto questo *chauvinisme* di diffidenza, io direi che i metodi matematici sono un istrumento *cieco*, il quale richiede un gran fondo di buona logica per essere rettamente applicato.

Ma su questo curioso argomento spero ritornare in altra mia.

Perdonami, gentile amico, la mia lungaggine : io sono incorreggibile. Ma nella tua bontà questa volta mi scuserai sul riflesso, che mi é costato non poco il trattare in forma popolare argomenti non mai per lo innanzi entrati nel dominio del pubblico, del che forse gli uomini della scienza me ne vorranno male. Tu invece vogli sempre bene al

tuo aff.mo
G. BOCCARDI

(1) H. Poincaré.